

**Semiconductor laser including disordered window regions**

Patent Number: ☐ US5764669  
Publication date: 1998-06-09  
Inventor(s): NAGAI YUTAKA (JP)  
Applicant(s): MITSUBISHI ELECTRIC CORP (JP)  
Requested Patent: ☐ ~~JP9023037~~  
Application Number: US19960584200 19960111  
Priority Number(s): JP19950169955 19950705  
IPC Classification: H01S3/19  
EC Classification: H01S5/16A  
Equivalents: ☐ DE19615193, ☐ FR2736474

---

**Abstract**

---

A method for fabricating a semiconductor laser device includes successively epitaxially growing a quantum-well structure active layer and a second conductivity type AlGa<sub>1-x</sub>As first upper cladding layer on a first conductivity type GaAs substrate, forming an SiO<sub>2</sub> film on a region in a vicinity of the laser resonator facet on the second conductivity type first cladding layer, annealing, thereby absorbing Ga from the second conductivity type first upper cladding layer to form and diffuse vacancies to reach the quantum-well structure active layer, thereby disordering the quantum-well structure active layer in a region in the vicinity of the laser resonator facet. Therefore, it is possible to form a window structure by disordering the quantum-well structure active layer without generating crystal transitions. In addition, there is no necessity of implanting Si ions so as to diffuse those ions to form a window structure, and there arises no unlikelihood of disordering that because the Si ions are trapped during their diffusion by crystal defects formed by the ion implantation, whereby a semiconductor laser device provided with a desired window structure can be produced with high reproducibility.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-23037

(43)公開日 平成9年(1997)1月21日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

H01S 3/18

識別記号

庁内整理番号

F I

H01S 3/18

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数7 OL (全12頁)

(21)出願番号 特願平7-169955

(22)出願日 平成7年(1995)7月5日

(71)出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72)発明者 永井 豊

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

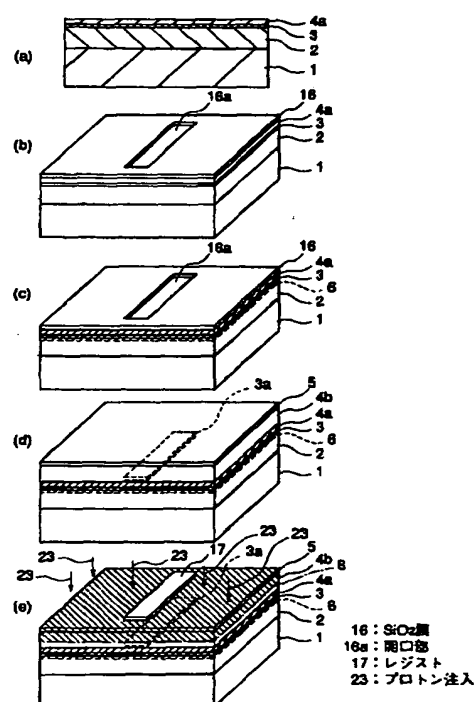
(74)代理人 弁理士 早瀬 憲一

(54)【発明の名称】 半導体レーザ装置の製造方法、及び半導体レーザ装置

(57)【要約】

【課題】 結晶転移を生じさせることなく窓構造を形成できるとともに、窓構造を再現性良く形成することができる半導体レーザ装置の製造方法、及び半導体レーザ装置を提供する。

【解決手段】 n型GaAs基板1上に、n型下クラッド層2、量子井戸構造活性層3、及びp型第1上クラッド層4aを順次エピタキシャル成長させた後、p型第1上クラッド層4a上に、レーザ共振器長方向となる方向に伸びるレーザ共振器端面となる領域近傍に達しない長さの所定幅のストライプ状開口部16aを有するSiO<sub>2</sub>膜16を形成してアニールを行い、p型第1上クラッド層4aからGaを吸い上げてそこに空孔を生成するとともに、該空孔を量子井戸構造活性層3に達するまで拡散させて、レーザ共振器端面となる領域近傍の上記量子井戸構造活性層3をディスオーダーする構成とした。



(2)

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1導電型GaAs基板の一主面上に、第1導電型 $Al_xGa_{1-x}As$  ( $0 < x < 1$ )下クラッド層、 $Al_zGa_{1-z}As$  ( $0 < z < x$ )バリア層と $Al_yGa_{1-y}As$  ( $0 < y < z$ )ウエル層とからなる量子井戸構造活性層、及び第2導電型 $Al_rGa_{1-r}As$  ( $z < r < 1$ )第1上クラッド層を順次エピタキシャル成長させる工程と、

上記第2導電型第1上クラッド層上のレーザ共振器端面となる領域近傍上に $SiO_2$ 膜を形成し、該 $SiO_2$ 膜、及び上記エピタキシャル成長により形成された各半導体層をアニールして、上記第2導電型第1上クラッド層からGaを吸い上げてそこに空孔を生成するとともに、該空孔を上記量子井戸構造活性層に達するまで拡散させて、レーザ共振器端面となる領域近傍の上記量子井戸構造活性層をディスオーダーする工程と、

上記 $SiO_2$ 膜を除去した後、上記第2導電型第1上クラッド層上に、第2導電型 $Al_rGa_{1-r}As$  ( $z < r < 1$ )第2上クラッド層、及び第2導電型GaAsコンタクト層を順次エピタキシャル再成長させる工程とを備えたことを特徴とする半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項2】 第1導電型GaAs基板の一主面上に、第1導電型 $Al_xGa_{1-x}As$  ( $0 < x < 1$ )下クラッド層、 $Al_zGa_{1-z}As$  ( $0 < z < x$ )バリア層と $Al_yGa_{1-y}As$  ( $0 < y < z$ )ウエル層とからなる量子井戸構造活性層、及び第2導電型 $Al_rGa_{1-r}As$  ( $z < r < 1$ )第1上クラッド層を順次エピタキシャル成長させる工程と、

上記第2導電型第1上クラッド層上に、レーザ共振器長方向となる方向に伸びるレーザ共振器端面となる領域近傍に達しない長さの所定幅のストライプ状開口部を有する $SiO_2$ 膜を形成し、該 $SiO_2$ 膜、及び上記エピタキシャル成長により形成された各半導体層をアニールして、上記第2導電型第1上クラッド層からGaを吸い上げてそこに空孔を生成するとともに、該空孔を上記量子井戸構造活性層に達するまで拡散させて、レーザ共振器端面となる領域近傍の上記量子井戸構造活性層をディスオーダーする工程と、

上記 $SiO_2$ 膜を除去した後、上記第2導電型第1上クラッド層上に、第2導電型 $Al_rGa_{1-r}As$  ( $z < r < 1$ )第2上クラッド層、及び第2導電型GaAsコンタクト層を順次エピタキシャル再成長させる工程と、該コンタクト層上の、上記ストライプ状の開口部が形成されていた領域の上方の領域にレジスト膜を形成し、該コンタクト層の上方から上記量子井戸構造活性層に達しない深さまでプロトンを注入する工程と、

上記レジストを除去した後、上記GaAs基板の裏面側、及び上記コンタクト層の上面にそれぞれ電極を形成する工程とを備えたことを特徴とする半導体レーザ装置の製造方法。

2

【請求項3】 請求項2に記載の半導体レーザ装置の製造方法において、

上記 $SiO_2$ 膜を形成する工程の後、該 $SiO_2$ 膜、及び上記第2導電型第1上クラッド層の上部の、上記ストライプ状の開口部が形成されている領域を含む領域上に、 $Si_3N_4$ 膜を形成する工程と、

上記量子井戸構造活性層をディスオーダーする工程の後、上記 $Si_3N_4$ 膜を除去する工程とを更に含むことを特徴とする半導体レーザ装置の製造方法。

10 【請求項4】 請求項2に記載の半導体レーザ装置の製造方法において、

上記第2導電型 $Al_rGa_{1-r}As$  ( $z < r < 1$ )第1上クラッド層をエピタキシャル成長させる工程に連続して、その上にGaAs表面保護層をエピタキシャル成長させる工程をさらに含むことを特徴とする半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項5】 第1導電型GaAs基板と、該基板上に配置された第1導電型 $Al_xGa_{1-x}As$  ( $0 < x < 1$ )下クラッド層と、

20 該下クラッド層上に配置され、 $Al_zGa_{1-z}As$  ( $0 < z < x$ )バリア層と $Al_yGa_{1-y}As$  ( $0 < y < z$ )ウエル層とからなり、そのレーザ共振器端面近傍に、空孔の拡散によりディスオーダーされた領域を有する量子井戸構造活性層と、

該量子井戸構造活性層上に配置された第2導電型 $Al_rGa_{1-r}As$  ( $z < r < 1$ )第1上クラッド層と、

該第1上クラッド層上に配置された第2導電型 $Al_rGa_{1-r}As$  ( $z < r < 1$ )第2上クラッド層と、

30 該第2上クラッド層上に配置された第2導電型GaAsコンタクト層とを備えたことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項6】 請求項5に記載の半導体レーザ装置において、

上記量子井戸構造活性層は、上記レーザ共振器端面近傍を除いた領域のうちの、レーザ共振器長方向に伸びる所定幅のストライプ状の活性領域以外の領域が、空孔の拡散によりディスオーダーされており、

上記第2上クラッド層の上部、及びコンタクト層の上記活性領域上の領域以外の領域は、プロトンが注入されて高抵抗化されており、

40 上記GaAs基板の裏面側、及び上記コンタクト層の上面にはそれぞれ電極が設けられていることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項7】 請求項5に記載の半導体レーザ装置において、

上記第2導電型第1上クラッド層と第2導電型第2上クラッド層との間にGaAs表面保護層を有していることを特徴とする半導体レーザ装置。

【発明の詳細な説明】

50 【0001】

(3)

3

【発明の属する技術分野】この発明は半導体レーザ装置の製造方法、及び半導体レーザ装置に関し、特に端面部分に窓構造を有する高光出力動作が可能な半導体レーザ装置の製造方法、及び半導体レーザ装置に関するものである。

#### 【0002】

【従来の技術】図5は従来の半導体レーザ装置の構造を示す図であり、図5(a)は半導体レーザ装置の斜視図、図5(b)は図5(a)のVb-Vb線における断面図、即ち半導体レーザ装置の共振器長方向の断面図、図5(c)は図5(a)のVc-Vc線における断面図、即ち半導体レーザ装置の共振器長方向に対して垂直な方向の断面図である。図において、1はn型GaAs基板、2は厚さが1.5~2μmであるn型Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As(x=0.5)下クラッド層、3はAl<sub>y</sub>Ga<sub>1-y</sub>As(1-y)(y=0.05~0.15)ウエル層(図示せず)とアルミ組成比zが0.2~0.35であるAl<sub>z</sub>Ga<sub>1-z</sub>Asバリア層(図示せず)から構成されている量子井戸構造活性層で、両端に厚さ約35nmの上記バリア層と同じ組成の光ガイド層(図示せず)を備え、その間に厚さ約10nmのウエル層と厚さ約10nmのバリア層が交互に合

わせて5層、即ちウエル層3層とバリア層2層が積層されて構成されている。4aは厚さが0.05~0.5μmであるp型Al<sub>r</sub>Ga<sub>1-r</sub>As(r=0.5)第1上クラッド層、4bはp型Al<sub>r</sub>Ga<sub>1-r</sub>As(r=0.5)第2上クラッド層で、第1上クラッド層4aと第2上クラッド層4bとを合わせた厚さは約1.5~2.0μmである。5は厚さが0.5~1.0μmのp型GaAsコンタクト層、8はプロトン注入領域、9はn側電極、10はp側電極、15はシリコン(Si)イオン注入とアニールとを用いて形成されたSi拡散領域、20はレーザ共振器端面、3aは活性層3のレーザ発光に寄与する活性領域、3bは活性層3のレーザ共振器端面近傍に形成された窓構造領域である。また、この半導体レーザ装置の素子の大きさは、共振器長方向の長さが300~600μm、幅が約300μmである。

【0003】また、図6は従来の半導体レーザ装置の製造方法を示す工程図であり、図において、図5と同一符号は同一又は相当する部分を示し、11はストライプ状の第1のフォトリソ、14は第2のフォトリソ、23はプロトン注入を示している。

【0004】次に、製造方法を図6を用いて説明する。ウエハ状のn型GaAs基板1上に、下クラッド層2、量子井戸構造層3、第1上クラッド層4aを順次エピタキシャル結晶成長させる。成長後のウエハの断面図を図6(a)に示す。次に、このコンタクト層5表面にフォトリソを塗布し、これをパターニングして、図6(b)に示すように、レーザ共振器長方向となる方向に伸びる、レーザ共振器端面となる位置に達しないストライプ状の第1のフォトリソ11を形成する。このフォ

4

トリソ11と半導体レーザ装置の共振器端面となる位置との間隔は20μm程度となるようにし、このストライプ状のフォトリソ11のレーザ共振器長方向に垂直な方向の長さは1.5~5μmとする。

【0005】続いて、該フォトリソ11をマスクとして第1上クラッド層4aの上面から活性層4に達する手前までSiのイオン注入を行った後、フォトリソ11を除去する。このとき、Siイオン注入を行うよう、領域に対するSiドーズ量は $1 \times 10^{13} \sim 1 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ 程度とする。なお、フォトリソ11の下部の領域にはフォトリソ11がマスクとして作用し、この領域へのイオン注入を妨げるので、Siイオン注入領域は形成されない。ここで、フォトリソ11を除去した後、活性層3のディスオーダーを行なうために熱処理(アニール)を行なう。これはイオン注入しただけでは活性層3のディスオーダーは起こらず、なんらかの熱処理によりSi原子を結晶中で拡散させて初めてディスオーダーが生じることから行なわれるものであり、この熱処理としてはウエハをAs圧をかけた雰囲気下で700℃以上の温度でアニールする方法が一般的である。この結果、図6(c)に示すように、Si拡散領域15が形成され、この領域15内の量子井戸構造活性層3はディスオーダーされる。このディスオーダーされた量子井戸構造活性層3のレーザ共振器端面近傍となる領域が、窓構造として機能する窓構造領域3bとなる。活性層3のディスオーダーされた領域以外の領域は活性領域3aとなる。

【0006】次に、図6(d)に示すように、第1上クラッド層4a上に第2上クラッド層4b、コンタクト層5を順次エピタキシャル再成長させた後、コンタクト層5の上面をレジストで覆い、フォトリソグラフィ技術によってパターニングして、図6(e)に示すように、上記ストライプ状の第1のフォトリソ11が形成されていた領域上に、該第1のフォトリソ11とほぼ同じ大きさのレーザ共振器長方向に伸びるストライプ状の第2のフォトリソ14を形成し、該レジスト14をマスクとしてコンタクト層5の上面から第2上クラッド層4b中にピークが位置するようにプロトン注入を行う。これにより、コンタクト層5、および第2上クラッド層4bにプロトン注入された領域8が形成され、この領域が高抵抗領域となり、電流ブロック層として機能する。

【0007】最後に、レジスト14を除去した後、コンタクト層5上にp側電極10を形成し、基板1側にn側電極9を形成し、へき開によりレーザ共振器端面20を形成して、図5に示すような窓構造を備えた半導体レーザ装置を得る。

【0008】次に、従来の半導体レーザ装置の動作について説明する。p側電極10側に正、n側電極9側に負となるように電圧を印加すると、ホールはp型コンタクト層5、p型第2上クラッド層4b、p型第1上クラッド層4aを経て量子井戸構造活性層3へ、また電子はn

50

(4)

5

型半導体基板1、n型AlGaAsクラッド層2を経て量子井戸構造活性層3にそれぞれ注入され、活性層3の活性領域において電子とホールとの再結合が発生し、量子井戸構造活性層3の活性領域3a内で誘導放出光が生ずる。そしてキャリアの注入量を十分高くして導波路の損失を越える光が発生すればレーザ発振が生じる。ここで、プロトン注入された領域8はプロトン注入により高抵抗となるため、このプロトン注入領域8のp型コンタクト層5、p型第2上クラッド層4bには電流が流れない。すなわちプロトン注入されていない領域にのみ電流は流れる。

【0009】次に窓構造について説明する。一般にコンパクトディスク(CD)等の光ディスク装置の光源として用いられる0.8μm帯の波長のレーザ光を発するAlGaAs系の半導体レーザ装置の最大光出力は端面破壊が発生する光出力で決定される。この端面破壊はレーザ光が端面領域の表面準位の光吸収によって発生した熱で半導体レーザ装置を構成する結晶自体が溶融し共振器の機能を果たさなくなるものである。よって高光出力動作を実現するためにはより高い光出力でも端面破壊が生じない工夫が必要である。このためには活性層の端面領域にレーザ光を吸収しにくくする構造、つまりレーザ光に対して“透明”となるような窓構造を設けることが非常に有効である。この窓構造はレーザ光を発する活性層の活性領域よりもバンドギャップエネルギーが高くなるような領域をレーザ共振器端面近傍に設けることにより得られるものである。図5に示した従来の半導体レーザ装置においては、活性層3が量子井戸構造からなっているため、このような窓構造がSiイオン注入22と熱処理工程とによる量子井戸構造3のディスオーダーを利用して形成されている。図7はこのディスオーダーを説明するための活性層3近傍のアルミ組成比のプロファイルを示す図であり、図7(a)はディスオーダーする前の量子井戸構造活性層3のアルミ組成比のプロファイルを、また、図7(b)はディスオーダーした後の量子井戸構造活性層3のアルミ組成比のプロファイルをそれぞれ示している。

【0010】図7において、図1と同一符号は同一または相当する部分を示しており、30、31、及び32はそれぞれ活性層3のウェル層、バリア層、及び光ガイド層を示している。また、図において縦軸はAl組成比を示し、横軸は下クラッド層2、活性層3、及び上クラッド層4の結晶成長方向の高さ位置を示し、A12はウェル層30のアルミ組成比、A11はバリア層31、及び光ガイド層32のアルミ組成比、A13はディスオーダーされた後の活性層3のアルミ組成比を示している。図7(a)に示すような量子井戸構造活性層3にシリコン(Si)をイオン注入と熱処理とを用いて拡散させると、これらの拡散にともないウェル層30とバリア層32とを構成する原子が混じり合い、図7(b)に示すように、この拡散された領域がディスオーダーされる。この結果、デ

6

イスオーダーされた量子井戸構造活性層3のアルミ組成比は、バリア層31、及び光ガイド層32のアルミ組成比A11とほぼ等しいアルミ組成比A13となり、活性層3の実効的なバンドギャップエネルギーはバリア層31、光ガイド層32とほぼ等しい値になる。よって図5に示した従来の半導体レーザ装置においては、量子井戸構造活性層3のディスオーダーされた領域の実効的なバンドギャップエネルギーが、活性領域3aとなるディスオーダーされていない活性層3の実効的なバンドギャップエネルギーより大きくなるため、量子井戸構造活性層3のディスオーダーされた領域がレーザ光に対して“透明”な窓構造として機能するようになり、量子井戸構造活性層3のレーザ共振器端面20の近傍の領域が窓構造領域3bとなる。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】以上のように従来の窓構造を有する半導体レーザ装置においては、レーザ共振器端面20近傍の量子井戸構造活性層3を、Siのイオン注入と熱処理を用いたSiの拡散によりディスオーダーして窓構造領域3bを形成していたが、このような半導体レーザ装置においては、その製造工程中のSiをイオン注入する工程において、イオン注入された半導体層に多量の結晶欠陥が発生し、これにより第1上クラッド層4aや活性層3内に結晶転移が発生してしまう。これは、電圧により加速された原子が結晶中に注入されると、結晶中の原子と衝突しながらエネルギーを失って最後には止まるが、個々のSiが加速時の高いエネルギーを持っているため、結晶に多数の欠陥を生ぜしめることによるものである。このような結晶転移はアニール時にある程度は回復するが、完全に回復することなく、一部の結晶転移が残ったままとなる。この結晶転移はレーザ光を吸収してしまうものであるため、量子井戸構造活性層3をディスオーダーしてバンドギャップエネルギーを活性領域3aよりも大きくして窓構造領域3bを形成しても、結晶転移がレーザ光を吸収するため窓構造として機能しなくなるという問題があった。

【0012】また、このように結晶転移が発生させるくらいに結晶欠陥が多いと、アニールにより拡散させるSi自体が結晶欠陥にトラップされ拡散しにくくなり、ディスオーダーが生じにくくなり、所望の窓構造を備えた半導体レーザ装置を再現性よく得ることができないという問題があった。

【0013】この発明は上記のような問題点を解消するためになされたものであり、結晶転移を生じさせることなく窓構造を形成できるとともに、窓構造を再現性良く形成することができる半導体レーザ装置の製造方法を提供することを目的とする。

【0014】また、この発明は上記のような問題点を解消するためになされたものであり、結晶転移を生じさせることなく窓構造を形成できるとともに、窓構造を再現

(5)

7

性良く形成することができる半導体レーザ装置を提供することを目的とする。

# 【0015】

【課題を解決するための手段】この発明に係る半導体レーザ装置の製造方法は、第1導電型GaAs基板の一主面上に、第1導電型 $Al_xGa_{1-x}As$  ( $0 < x < 1$ )下クラッド層、 $Al_zGa_{1-z}As$  ( $0 < z < x$ )バリア層と $Al_yGa_{1-y}As$  ( $0 < y < z$ )ウエル層とからなる量子井戸構造活性層、及び第2導電型 $Al_rGa_{1-r}As$  ( $z < r < 1$ )第1上クラッド層を順次エピタキシャル成長させ、上記第2導電型第1上クラッド層上のレーザ共振器端面となる領域近傍上に $SiO_2$ 膜を形成し、該 $SiO_2$ 膜、及び上記エピタキシャル成長により形成された各半導体層をアニールして、上記第2導電型第1上クラッド層からGaを吸い上げてそこに空孔を生成するとともに、該空孔を上記量子井戸構造活性層に達するまで拡散させて、レーザ共振器端面となる領域近傍の上記量子井戸構造活性層をディスオーダーし、上記 $SiO_2$ 膜を除去した後、上記第2導電型第1上クラッド層上に、第2導電型 $Al_rGa_{1-r}As$  ( $z < r < 1$ )第2上クラッド層、及び第2導電型GaAsコンタクト層を順次エピタキシャル再成長させるようにしたものである。

【0016】また、この発明に係る半導体レーザ装置の製造方法は、第1導電型GaAs基板の一主面上に、第1導電型 $Al_xGa_{1-x}As$  ( $0 < x < 1$ )下クラッド層、 $Al_zGa_{1-z}As$  ( $0 < z < x$ )バリア層と $Al_yGa_{1-y}As$  ( $0 < y < z$ )ウエル層とからなる量子井戸構造活性層、及び第2導電型 $Al_rGa_{1-r}As$  ( $z < r < 1$ )第1上クラッド層を順次エピタキシャル成長させ、上記第2導電型第1上クラッド層上に、レーザ共振器長方向となる方向に伸びるレーザ共振器端面となる領域近傍に達しない長さの所定幅のストライプ状開口部を有する $SiO_2$ 膜を形成し、該 $SiO_2$ 膜、及び上記エピタキシャル成長により形成された各半導体層をアニールして、上記第2導電型第1上クラッド層からGaを吸い上げてそこに空孔を生成するとともに、該空孔を上記量子井戸構造活性層に達するまで拡散させて、レーザ共振器端面となる領域近傍の上記量子井戸構造活性層をディスオーダーし、上記 $SiO_2$ 膜を除去した後、上記第2導電型第1上クラッド層上に、第2導電型 $Al_rGa_{1-r}As$  ( $z < r < 1$ )第2上クラッド層、及び第2導電型GaAsコンタクト層を順次エピタキシャル再成長させ、続いて、該コンタクト層上の、上記ストライプ状の開口部が形成されていた領域の上方の領域にレジスト膜を形成し、該コンタクト層の上方から上記量子井戸構造活性層に達しない深さまでプロトンを注入し、上記レジストを除去した後、上記GaAs基板の裏面側、及び上記コンタクト層の上面にそれぞれ電極を形成するようにしたものである。

【0017】また、上記半導体レーザ装置の製造方法に

8

において、上記 $SiO_2$ 膜を形成した後、該 $SiO_2$ 膜、及び上記第2導電型第1上クラッド層の上部の、上記ストライプ状の開口部が形成されている領域を含む領域上に、 $Si_3N_4$ 膜を形成する工程と、上記量子井戸構造活性層をディスオーダーした後、上記 $Si_3N_4$ 膜を除去する工程とを更に含むものである。

【0018】また、上記半導体レーザ装置の製造方法において、上記第2導電型 $Al_rGa_{1-r}As$  ( $z < r < 1$ )第1上クラッド層をエピタキシャル成長させた後、連続してその上にGaAs表面保護層をエピタキシャル成長させるようにしたものである。

【0019】また、この発明に係る半導体レーザ装置は、第1導電型GaAs基板と、該基板上に配置された第1導電型 $Al_xGa_{1-x}As$  ( $0 < x < 1$ )下クラッド層と、該下クラッド層上に配置され、 $Al_zGa_{1-z}As$  ( $0 < z < x$ )バリア層と $Al_yGa_{1-y}As$  ( $0 < y < z$ )ウエル層とからなり、そのレーザ共振器端面近傍に、空孔の拡散によりディスオーダーされた領域を有する量子井戸構造活性層と、該量子井戸構造活性層上に配置された第2導電型 $Al_rGa_{1-r}As$  ( $z < r < 1$ )第1上クラッド層と、該第1上クラッド層上に配置された第2導電型 $Al_rGa_{1-r}As$  ( $z < r < 1$ )第2上クラッド層と、該第2上クラッド層上に配置された第2導電型GaAsコンタクト層とを備えたものである。

【0020】また、上記半導体レーザ装置において、上記量子井戸構造活性層は、上記レーザ共振器端面近傍を除いた領域のうちの、レーザ共振器長方向に伸びる所定幅のストライプ状の活性領域以外の領域が、空孔の拡散によりディスオーダーされており、上記第2上クラッド層の上部、及びコンタクト層の上記活性領域上の領域以外の領域は、プロトンが注入されて高抵抗化されており、上記GaAs基板の裏面側、及び上記コンタクト層の上面にはそれぞれ電極が設けられているようにしたものである。

【0021】また、上記半導体レーザ装置において、上記第2導電型第1上クラッド層と第2導電型第2上クラッド層との間にGaAs表面保護層を有しているようにしたものである。

# 【0022】

【作用】この発明においては、量子井戸構造活性層、及び第2導電型 $Al_rGa_{1-r}As$ 第1上クラッド層を順次エピタキシャル成長させ、上記第2導電型第1上クラッド層上のレーザ共振器端面となる領域近傍上に $SiO_2$ 膜を形成し、該 $SiO_2$ 膜、及び上記エピタキシャル成長により形成された各半導体層をアニールして、上記第2導電型第1上クラッド層からGaを吸い上げてそこに空孔を生成するとともに、該空孔を上記量子井戸構造活性層に達するまで拡散させて、レーザ共振器端面となる領域近傍の上記量子井戸構造活性層をディスオーダーするようにしたから、Siをイオン注入する必要がなくな

9

り、結晶転移を発生させることなく、量子井戸構造活性層をディスオーダーして窓構造を形成することができる。また、Siをイオン注入して、これを拡散させて窓構造を形成する必要がなくなり、イオン注入により形成された多量の結晶欠陥にSiが拡散中にトラップされることによりディスオーダーが生じにくくなるということがなくなり、所望の窓構造を備えた半導体レーザ装置を再現性よく得ることができる。

【0023】また、この発明においては、量子井戸構造活性層、及び第2導電型Al<sub>1-r</sub>Ga<sub>1-r</sub>As第1上クラッド層を順次エピタキシャル成長させ、上記第2導電型第1上クラッド層上に、レーザ共振器長方向となる方向に伸びるレーザ共振器端面となる領域近傍に達しない長さの所定幅のストライプ状開口部を有するSiO<sub>2</sub>膜を形成し、該SiO<sub>2</sub>膜、及び上記エピタキシャル成長により形成された各半導体層をアニールして、上記第2導電型第1上クラッド層からGaを吸い上げてそこに空孔を生成するとともに、該空孔を上記量子井戸構造活性層に達するまで拡散させて、レーザ共振器端面となる領域近傍の上記量子井戸構造活性層をディスオーダーするようにしたから、Siをイオン注入する必要がなくなり、結晶転移を発生させることなく、量子井戸構造活性層をディスオーダーして窓構造を形成することができる。また、Siをイオン注入して、これを拡散させて窓構造を形成する必要がなくなり、所望の窓構造を備えた半導体レーザ装置を再現性よく得ることができる。

【0024】また、この発明においては、上記SiO<sub>2</sub>膜を形成した後、該SiO<sub>2</sub>膜、及び上記第2導電型第1上クラッド層の上部の、上記ストライプ状の開口部が形成されている領域を含む領域上にSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>膜を形成する工程と、上記量子井戸構造活性層をディスオーダーした後、上記Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>膜を除去する工程とを更に含むようにしたから、上記アニールする工程において、上記ストライプ状の開口部に露出した第1上クラッド層の表面からのAs抜けを防いで、第1上クラッド層の表面荒れを防止することができる。

【0025】また、この発明においては、上記第2導電型Al<sub>1-r</sub>Ga<sub>1-r</sub>As第1上クラッド層をエピタキシャル成長させた後、連続してその上にGaAs表面保護層をエピタキシャル成長させるようにしたから、再成長界面の酸化を防いで、再成長界面の表面荒れを防ぐことができる。

【0026】また、この発明においては、そのレーザ共振器端面近傍に、空孔の拡散によりディスオーダーされた領域を有する量子井戸構造活性層を備えているから、Siをイオン注入して量子井戸構造活性層をディスオーダーする必要がなくなり、結晶転移を発生させることなく量子井戸構造活性層をディスオーダーして窓構造を形成することができる。また、Siをイオン注入して、これを拡散させて窓構造を形成する必要がなくなり、イオン注入

(6)

10

により形成された多量の結晶欠陥にSiが拡散中にトラップされることによりディスオーダーが生じにくくなるということがなくなり、所望の窓構造を備えた半導体レーザ装置を再現性よく得ることができる。

【0027】また、この発明においては、上記量子井戸構造活性層は、上記レーザ共振器端面近傍を除いた領域のうちの、レーザ共振器長方向に伸びる所定幅のストライプ状の活性領域以外の領域が、空孔の拡散によりディスオーダーされているから、Siをイオン注入して量子井戸構造活性層をディスオーダーする必要がなくなり、結晶転移を発生させることなく量子井戸構造活性層をディスオーダーして窓構造を形成することができる。また、Siをイオン注入して、これを拡散させて窓構造を形成する必要がなくなり、所望の窓構造を備えた半導体レーザ装置を再現性よく得ることができる。

【0028】また、この発明においては、第2導電型Al<sub>1-r</sub>Ga<sub>1-r</sub>As第1上クラッド層と第2導電型第2上クラッド層との間にGaAs表面保護層を有しているようにしたから、再成長界面の表面荒れを防ぐことができる。

【0029】

【実施例】

実施例1. 図1は本発明の第1の実施例による半導体レーザ装置の構造を示す斜視図(図1(a))、図1(a)のIb-Ib線による断面図(図1(b))、即ちレーザ共振器長方向の断面図、及び図1(a)のIc-Ic線による断面図(図1(c))、即ちレーザ共振器長方向と垂直な方向の断面図である。図において、1はn型GaAs基板、2は厚さが1.5~2μmであるn型Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As(x=0.5)下クラッド層、3はAl<sub>y</sub>Ga<sub>1-y</sub>As(y=0.05~0.15)ウエル層(図示せず)とアルミ組成比zが0.2~0.35であるAl<sub>z</sub>Ga<sub>1-z</sub>Asバリア層(図示せず)から構成されている量子井戸構造活性層で、両端に厚さ約35nmの上記バリア層と同じ組成の光ガイド層(図示せず)を備え、その間に厚さ約10nmのウエル層と厚さ約10nmのバリア層が交互に合わせて5層、即ちウエル層3層とバリア層2層が積層されて構成されている。4aは厚さが0.05~0.5μmであるp型Al<sub>1-r</sub>Ga<sub>1-r</sub>As(r=0.5)第1上クラッド層、4bはp型Al<sub>1-r</sub>Ga<sub>1-r</sub>As(r=0.5)第2上クラッド層で、第1上クラッド層4aと第2上クラッド層4bとを合わせた厚さは約1.5~2.0μmとなっている。5は厚さが0.5~1.0μmのp型GaAsコンタクト層、8はプロトン注入領域、9はn側電極、10はp側電極、6は空孔拡散領域、20はレーザ共振器端面、3aは活性層3のレーザ発光に寄与する活性領域、3bは活性層3のレーザ共振器端面20の近傍に形成された窓構造領域である。また、この半導体レーザ装置の素子の大きさは、共振器長方向の長さが300~600μm、幅が約300μmである。

(7)

11

【0030】また、図2は本発明の第1の実施例による半導体レーザ装置の製造方法を示す工程図であり、図において、図1と同一符号は同一又は相当する部分を示し、16はSiO<sub>2</sub>膜、16aは該SiO<sub>2</sub>膜16に設けられたレーザ共振器長方向となる方向に伸びるストライプ状の開口部、17はフォトリソレジスト、23はプロトン注入を示している。

【0031】次に製造方法について説明する。まず、ウエハ状態のn型GaAs基板1上に、n型Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As(x=0.5)下クラッド層2、量子井戸構造活性層3、p型Al<sub>r</sub>Ga<sub>1-r</sub>As(r=0.5)第1上クラッド層4aを順次エピタキシャル結晶成長する。この結晶成長方法としては膜厚制御性に優れた有機金属気相成長法(MOCVD)あるいは分子線エピタキシ法(MBE)が適している。成長後のウエハの断面図を図2(a)に示す。

【0032】次に、上記p型第1上クラッド層4aの表面をSiO<sub>2</sub>膜16で覆い、フォトリソグラフィ技術とエッチング技術によって、図2(b)に示すようにレーザ共振器端面となる位置に達しない長さの、レーザ共振器長方向に伸びるストライプ状の開口部16aを活性領域となる領域上に形成する。このSiO<sub>2</sub>膜16は例えばプラズマCVD(chemical vapor deposition)法やスパッタリングによって成膜される。SiO<sub>2</sub>膜16の厚さとしては1000オングストローム程度が適当であり、この開口部16aのストライプの幅は1~5μmが適当であり、この開口部16aとレーザ共振器端面となる位置との間隔は20μm程度となるようにする。次に、このウエハを800℃以上の温度でアニールする。なお、アニールは、開口部16aからのAs抜けを防止するために、As圧をかけた雰囲気下において行なう。

【0033】ここで、SiO<sub>2</sub>膜は、アプライド・フィジックス・レター第52巻、1988年、1511~1531頁(Applied Physics letters, vol. 52, 1988, pp1511~1531)に記載されているように、アニール時にGaAsあるいはAlGaAs結晶からGa原子を吸い上げる効果があり、これにより、本実施例1においては、SiO<sub>2</sub>膜16の開口部16a以外の領域に隣接したp型第1上クラッド層4a表面からGa原子が吸い上げられ、この結果、p型第1上クラッド層4a結晶中の、本来Ga原子があるべき格子位置に、Gaがない空孔ができる。この空孔がさらにアニールにより半導体結晶内部に拡散していき、量子井戸構造活性層3に達すると、量子井戸構造のディスオーダーを生じさせる。従って、SiO<sub>2</sub>膜16直下の活性層3では、Gaが吸い上げられて空孔が生成され続けるとともに、この空孔が拡散して量子井戸構造のディスオーダーが生じ、この領域の実効的なバンドギャップエネルギーが大きくなる。この結果、このディスオーダーされた領域のうちのレーザ共振器端面近傍の領域が、活性層3の上記SiO<sub>2</sub>膜開口部16a下

12

のディスオーダーされていない活性領域3aで発光するレーザ光の“窓”として機能する窓構造部3bとなる。なお、Ga空孔が効率良く拡散する距離は0.5μm以下であるので、p型第1上クラッド層4aの厚さは0.5μm以下であることが好ましい。

【0034】続いて、上記アニール後、SiO<sub>2</sub>膜16をウエットエッチングにより除去し、p型第1上クラッド層4a上にp型第2上クラッド層4b、p型コンタクト層5をエピタキシャル再結晶成長を行い、コンタクト層5の表面をレジスト膜で覆い、フォトリソグラフィ技術によって、図2(e)に示すようにSiO<sub>2</sub>膜16の開口部16aが形成されていた領域に上記開口部16aとほぼ同じ大きさの共振器長方向に伸びるストライプ状のレジスト17を形成し、このレジスト17をマスクにしてコンタクト層5の上方からp型第2上クラッド層4b中にピークが位置し、かつその濃度が約 $4 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ の濃度となるようにプロトン注入23を実施する。この結果、レジスト17の下部を除いた領域のコンタクト層5及び第2上クラッド層4bの上部にプロトンが注入されたプロトン注入領域8が形成される。このプロトン注入領域8は高抵抗領域となるので電流ブロック層として機能する。

【0035】最後にウエハのコンタクト層5側にp側電極10、GaAs基板1側にn側電極9を形成し、ウエハをへき開して一対のレーザ共振器端面20を形成して半導体レーザ装置を得る。

【0036】次に動作について説明する。p側電極10側に正、n側電極9側に負となるように電圧を印加すると、ホールはp型コンタクト層5、p型第2上クラッド層4b、p型第1上クラッド層4aを経て量子井戸構造活性層3へ、また電子はn型半導体基板1、n型AlGaAsクラッド層2を経て量子井戸構造活性層3にそれぞれ注入され、活性層3の活性領域において電子とホールの再結合が発生し、量子井戸構造活性層3の活性領域3a内で誘導放出光が生ずる。そしてキャリアの注入量を十分高くして導波路の損失を越える光が発生すればレーザ発振が生じる。ここで、プロトン注入された領域8はプロトン注入により高抵抗となるため、このプロトン注入領域8のp型コンタクト層5、p型第2上クラッド層4bには電流が流れない。すなわちプロトン注入されていない領域にのみ電流は流れる。

【0037】本実施例1の半導体レーザ装置では、空孔拡散領域6内の活性層3は、空孔を拡散させることによりディスオーダーされているため、このバンドギャップエネルギーは、ディスオーダーされていない領域、即ち活性領域3aのバンドギャップよりも大きくなっており、このディスオーダーされた領域のうちのレーザ共振器端面20近傍の領域は、レーザ光を吸収しない窓構造領域3bとなる。また、活性層3の、活性領域3aに対してレーザ共振器長方向と垂直な方向において隣接する領域もデ



13

イスオーダされているため、活性層3内のレーザ共振器長方向と垂直な方向においては屈折率分布が生じ、レーザ光は活性領域3aに閉じ込められてレーザ共振器長方向に導波される。

【0038】本実施例1においては、p型Al<sub>1-r</sub>Ga<sub>1-r</sub>As (r=0.5) 第1上クラッド層4aの表面にSiO<sub>2</sub>膜16を形成して、アニールすることにより、p型第1上クラッド層4aに空孔を形成するとともに、該空孔をアニールにより拡散させて量子井戸構造活性層3をディスオーダしているため、上述した従来技術のようにディスオーダさせるためにSiをイオン注入させる工程が不要となり、イオン注入時に高エネルギーを有するSiが結晶と衝突して生じる多量の結晶欠陥を無くすることができる。これにより、結晶転移の発生を抑えることができ、従来の半導体レーザ装置において問題となっていた結晶転移がレーザ光を吸収することにより、ディスオーダした領域が窓構造として機能しなくなることを防ぐことができる。従って、窓構造を備えた半導体レーザ装置が本来有する高光出力動作を可能にできるとともに、端面の破壊レベルが高く高信頼性を有するという優れた素子特性を発揮することができる。

【0039】また、従来の技術のように、高エネルギーでSiをイオン注入する工程がないため、結晶欠陥の発生量を非常に少なくすることができるとともに、Siを拡散させるかわりに空孔を拡散させて活性層3をディスオーダさせることにより、Si自体が多量の結晶欠陥にトラップされて拡散しにくくなり、ディスオーダが生じにくくなるといった問題点を防ぐことができ、窓構造を備えた所望の構造を有する半導体レーザ装置を再現性よく得ることができる。

【0040】以上のように本実施例1によれば、p型Al<sub>1-r</sub>Ga<sub>1-r</sub>As (r=0.5) 第1上クラッド層4aの表面にSiO<sub>2</sub>膜16を形成して、アニールすることにより、p型第1上クラッド層4aに空孔を形成するとともに、該空孔を拡散させて量子井戸構造活性層3をディスオーダするようにしたから、Siをイオン注入することなく活性層3をディスオーダして、結晶転移の非常に少ない窓構造部を形成することができるとともに、このような所望の窓構造を備えた半導体レーザ装置を再現性よく得ることができる効果がある。

【0041】実施例2. 図3は本発明の第2の実施例による半導体レーザ装置の製造方法における主要工程を示す斜視図(図3(a))、及び図3(a)のIIIb-IIIb線による断面図(図3(b))であり、図において、図2と同一符号は同一または相当する部分を示しており、19はSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>膜である。本発明は上記実施例1における空孔を拡散させる工程において、開口部16aを有するSiO<sub>2</sub>膜16を形成した後、図3(a)に示すように、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>膜19で開口部16aを含む領域を覆い、アニールを行なうようにしたものであり、その他の製造工程は上

(8)

14

記実施例1と同様の工程により行なわれる。

【0042】上記実施例1においては、SiO<sub>2</sub>膜16に設けられたストライプ状の開口部16aにはp型Al<sub>1-r</sub>Ga<sub>1-r</sub>As (r=0.5) 第1上クラッド層4aが露出しているが、空孔を拡散させる際のアニール中に結晶表面が露出していると、As圧をかけた環境下でアニールを行なったとしても、表面からのAs抜けを完全に抑えることができず、開口部16a内のp型第1上クラッド層4aに、表面荒れが発生してしまう。また、この表面荒れはAl組成比が高くなるほどひどくなる傾向にある。このように表面荒れが発生すると、この表面荒れしたp型第1上クラッド層4a上に再結晶成長等を行なう際に結晶転移が発生し、この結晶転移が活性層3にまで入り、動作特性が劣化したり、信頼性が劣化して、品質のよい半導体レーザ装置を得ることが困難となってしまう。そこで、本実施例2においては、図3に示すように、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>膜19で開口部16aを含む領域を覆うことにより、開口部16a内のp型Al<sub>1-r</sub>Ga<sub>1-r</sub>As (r=0.5) 第1上クラッド層4aを露出させないようにしたものであり、これにより、アニール中に起こるp型Al<sub>1-r</sub>Ga<sub>1-r</sub>As (r=0.5) 第1上クラッド層4aの表面荒れを防ぐことができる。なお、このSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>膜19はアニール後にCF<sub>4</sub>を用いたドライエッチングやフッ酸系のウェットエッチングによりSiO<sub>2</sub>膜16とともに除去する。

【0043】このように本実施例2によれば、p型Al<sub>1-r</sub>Ga<sub>1-r</sub>As (r=0.5) 第1上クラッド層4a上に形成されたSiO<sub>2</sub>膜16の開口部16aを含む領域上をSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>膜19で覆った後、アニールを行なうようにしたから、SiO<sub>2</sub>膜16の開口部16aに露出したp型Al<sub>1-r</sub>Ga<sub>1-r</sub>As (r=0.5) 第1上クラッド層4aのAs抜けによる表面荒れを抑えて、動作特性や信頼性に優れた半導体レーザ装置を得ることができる効果がある。

【0044】実施例3. 図4は本発明の第3の実施例による半導体レーザ装置の製造方法の主要工程を示すレーザ共振器長方向と垂直な面による断面図であり、図において、図2と同一符号は同一または相当する部分を示しており、13はGaAs表面保護層である。本実施例3は、上記実施例1の半導体レーザ装置の製造方法において、図2(a)に示すようにp型Al<sub>1-r</sub>Ga<sub>1-r</sub>As (r=0.5) 第1上クラッド層4aを形成した後、さらにp型GaAs保護層13を連続的にエピタキシャル成長により形成し、該p型GaAs保護層13の表面に開口部16aを備えたSiO<sub>2</sub>膜16を形成し、アニールを行って、Gaを吸い上げて空孔を形成するとともに空孔を拡散させるようにしたものであり、その他の製造工程は上記実施例1と同様に行なわれる。

【0045】上記実施例1においては、エピタキシャル成長させたp型Al<sub>1-r</sub>Ga<sub>1-r</sub>As (r=0.5) 第1上クラッド層4a上にSiO<sub>2</sub>膜16を形成し、アニールを行

15

って空孔を生成するとともに空孔を拡散させて活性層3をディスオーダーし、その後、SiO<sub>2</sub>膜16を除去し、第2上クラッド層4b、及びコンタクト層5をエピタキシャル再結晶成長させるようにしたが、再結晶成長面となる第1上クラッド層4aはAlを多く含んでおり、このようなAlを多く含む層は酸化されやすい。このため、この第1上クラッド層4aがSiO<sub>2</sub>膜16を形成する段階等において大気に露出されると、その表面が酸化により荒れてしまい、再成長界面に結晶転移が生じ、この結晶転移が活性層3にまで広がってしまい、この転移がレーザ光を吸収することにより、半導体レーザ装置の性能が劣化してしまうという問題が生じてしまう。

【0046】しかし、本実施例3のように、あらかじめ、エピタキシャル成長させた第1上クラッド層4a上に、さらに連続してGaAs表面保護層17を形成し、該GaAs表面保護層17上にSiO<sub>2</sub>膜16を形成し、アニールを行って空孔を生成するとともに空孔を拡散させて活性層3をディスオーダーし、その後、SiO<sub>2</sub>膜16を除去し、第2上クラッド層4、及びコンタクト層5をGaAs表面保護層17上にエピタキシャル再結晶成長させるようにすると、再成長界面となるGaAs表面保護層17はAlを含まず酸化されにくいいため、酸化による表面荒れの発生を抑え、再成長界面の結晶転移の発生を大幅に低減させることができる。なお、GaAs表面保護層17は活性層3の組成や構造にもよるが、レーザ光を吸収する場合があるので、GaAs表面保護層17の厚さはレーザ特性に影響を与えないような厚さ、例えば100オングストローム以下の厚さであることが好ましい。

【0047】このように本実施例3によれば、p型Al<sub>r</sub>Ga<sub>1-r</sub>As(r=0.5)第1上クラッド層4a上に、該第1上クラッド層4aのエピタキシャル成長に連続してGaAs表面保護層17を形成した後、SiO<sub>2</sub>膜16を形成し、アニールを行って空孔を生成しこれを拡散させるようにしたから、酸化による再成長界面の表面荒れの発生を抑え、再成長界面の結晶転移の発生を大幅に低減させることができ、動作特性や信頼性に優れた半導体レーザ装置を得ることができる。

【0048】なお、上記各実施例においては、活性層3の活性領域3a以外の領域上のコンタクト層5、及び第1上クラッド層4a、第2上クラッド層4bの上部をプロトン注入により高抵抗化した構造の半導体レーザ装置を用いて説明したが、本発明は、リッジ構造を有する半導体レーザ装置等のその他の構造を有する半導体レーザ装置においても適用できるものであり、このような場合においても、レーザ共振器端面近傍に空孔を拡散させて量子井戸構造活性層3をディスオーダーさせることにより上記各実施例と同様の効果を奏する。

【0049】また、上記各実施例においては、半導体基板1としてn型のGaAs基板を用いるようにしたが、

(9)

16

本発明はp型のGaAs基板を用いた場合においても適用できるものであり、このような場合においても上記各実施例と同様の効果を奏する。

【0050】また、上記各実施例においては、活性層3が多重量子井戸構造(MQW)である場合について説明したが、本発明は活性層が単量子井戸構造(SQW)等のその他の量子井戸構造である場合においても適用できるものであり、このような場合においても上記各実施例と同様の効果を奏する。

10 【0051】

【発明の効果】以上のようにこの発明によれば、量子井戸構造活性層、及び第2導電型Al<sub>r</sub>Ga<sub>1-r</sub>As第1上クラッド層を順次エピタキシャル成長させ、上記第2導電型第1上クラッド層上のレーザ共振器端面となる領域近傍上にSiO<sub>2</sub>膜を形成し、該SiO<sub>2</sub>膜、及び上記エピタキシャル成長により形成された各半導体層をアニールして、上記第2導電型第1上クラッド層からGaを吸い上げてそこに空孔を生成するとともに、該空孔を上記量子井戸構造活性層に達するまで拡散させて、レーザ共振器端面となる領域近傍の上記量子井戸構造活性層をディスオーダーするようにしたから、結晶転移を発生させることなく、量子井戸構造活性層をディスオーダーして窓構造を形成することができるとともに、所望の窓構造を備えた半導体レーザ装置を再現性よく得ることができる効果がある。

20

30

【0052】また、この発明によれば、量子井戸構造活性層、及び第2導電型Al<sub>r</sub>Ga<sub>1-r</sub>As第1上クラッド層を順次エピタキシャル成長させ、上記第2導電型第1上クラッド層上に、レーザ共振器長方向となる方向に伸びるレーザ共振器端面となる領域近傍に達しない長さの所定幅のストライプ状開口部を有するSiO<sub>2</sub>膜を形成し、該SiO<sub>2</sub>膜、及び上記エピタキシャル成長により形成された各半導体層をアニールして、上記第2導電型第1上クラッド層からGaを吸い上げてそこに空孔を生成するとともに、該空孔を上記量子井戸構造活性層に達するまで拡散させて、レーザ共振器端面となる領域近傍の上記量子井戸構造活性層をディスオーダーするようにしたから、結晶転移を発生させることなく、量子井戸構造活性層をディスオーダーして窓構造を形成することができるとともに、所望の窓構造を備えた半導体レーザ装置を再現性よく得ることができる効果がある。

40

50

【0053】また、この発明によれば、上記SiO<sub>2</sub>膜を形成した後、該SiO<sub>2</sub>膜、及び上記第2導電型第1上クラッド層の上部の、上記ストライプ状の開口部が形成されている領域を含む領域上にSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>膜を形成する工程と、上記量子井戸構造活性層をディスオーダーした後、上記Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>膜を除去する工程とを更に含むようにしたから、第1上クラッド層の表面荒れを防止し、第1上クラッド層の表面から量子井戸構造活性層への結晶転移の発生を大幅に低減させることができ、動作特性や

(10)

17

信頼性に優れた半導体レーザ装置を得ることができる効果がある。

【0054】また、この発明によれば、上記第2導電型  $\text{Al}_r\text{Ga}_{1-r}\text{As}$  第1上クラッド層をエピタキシャル成長させた後、連続してその上に  $\text{GaAs}$  表面保護層をエピタキシャル成長させるようにしたから、再成長界面の表面荒れを防ぎ、再成長界面から量子井戸構造活性層への結晶転移の発生を大幅に低減させることができ、動作特性や信頼性に優れた半導体レーザ装置を得ることができる効果がある。

【0055】また、この発明によれば、そのレーザ共振器端面近傍に、空孔の拡散によりディスオーダーされた領域を有する量子井戸構造活性層を備えているから、結晶転移を発生させることなく量子井戸構造活性層をディスオーダーして窓構造を形成することができるとともに、所望の窓構造を備えた半導体レーザ装置を再現性よく得ることができる効果がある。

【0056】また、この発明によれば、上記量子井戸構造活性層は、上記レーザ共振器端面近傍を除いた領域のうちの、レーザ共振器長方向に伸びる所定幅のストライプ状の活性領域以外の領域が、空孔の拡散によりディスオーダーされているから、結晶転移を発生させることなく量子井戸構造活性層をディスオーダーして窓構造を形成することができるとともに、所望の窓構造を備えた半導体レーザ装置を再現性よく得ることができる効果がある。

【0057】また、この発明によれば、上記第2導電型  $\text{Al}_r\text{Ga}_{1-r}\text{As}$  第1上クラッド層と第2導電型第2上クラッド層との間に  $\text{GaAs}$  表面保護層を有しているようにしたから、再成長界面の表面荒れを防ぎ、再成長界面から量子井戸構造活性層への結晶転移の発生を大幅に低減させることができ、動作特性や信頼性に優れた半導体レーザ装置を得ることができる効果がある。

18

# 【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の第1の実施例による半導体レーザ装置の構造を示す図である。

【図2】 この発明の第1の実施例による半導体レーザ装置の製造方法を示す工程図である。

【図3】 この発明の第2の実施例による半導体レーザ装置の製造方法の主要工程を示す図である。

【図4】 この発明の第3の実施例による半導体レーザ装置の製造方法の主要工程を示す断面図である。

10 【図5】 従来の半導体レーザ装置の構造を示す図である。

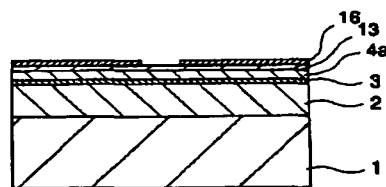
【図6】 従来の半導体レーザ装置の製造方法を示す工程図である。

【図7】 従来の半導体レーザ装置の量子井戸構造層のディスオーダーを説明するためのアルミプロファイルを示す図である。

# 【符号の説明】

1 n型  $\text{GaAs}$  基板、2 n型  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  ( $x=0.5$ ) 下クラッド層、3 量子井戸構造活性層、3a 活性領域、3b 窓構造領域、4a p型  $\text{Al}_r\text{Ga}_{1-r}\text{As}$  ( $r=0.5$ ) 第1上クラッド層、4b p型  $\text{Al}_r\text{Ga}_{1-r}\text{As}$  ( $r=0.5$ ) 第2上クラッド層、5 p型  $\text{GaAs}$  コンタクト層、6 空孔拡散領域、8 プロトン注入領域、9 n側電極、10 p側電極、11 第1のレジスト、13  $\text{GaAs}$  表面保護層、14 第2のレジスト、15  $\text{Si}$  拡散領域、16  $\text{SiO}_2$  膜、16a 開口部、17 レジスト、19  $\text{Si}_3\text{N}_4$  膜、20 レーザ共振器端面、23 プロトン注入、30  $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$  ( $y=0.05$ ) ウェル層、31  $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{As}$  ( $z=0.2\sim0.35$ ) バリア層、32  $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{As}$  ( $z=0.2\sim0.35$ ) 光ガイド層。

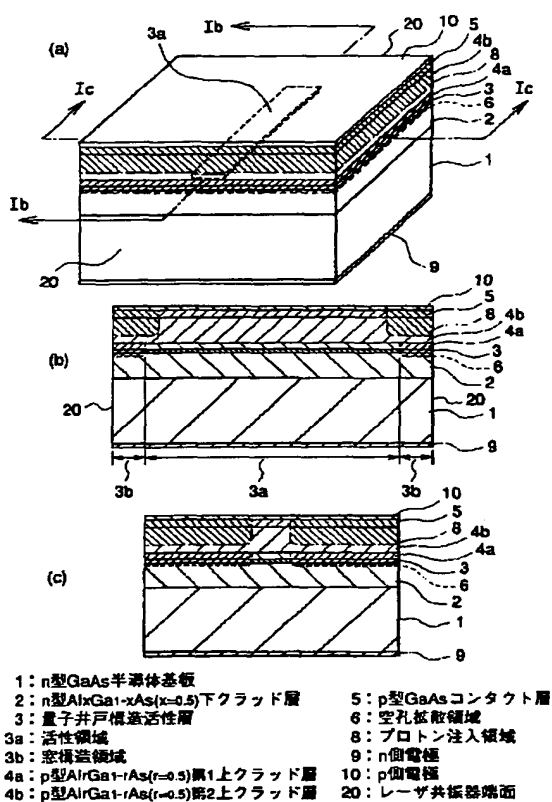
【図4】



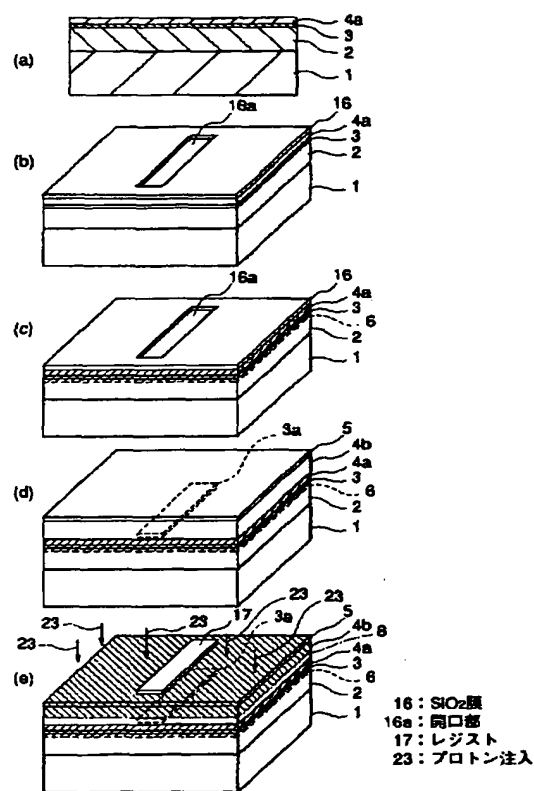
13: GaAs表面保護層

(11)

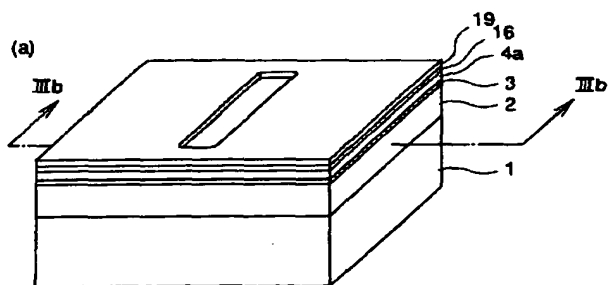
【図 1】



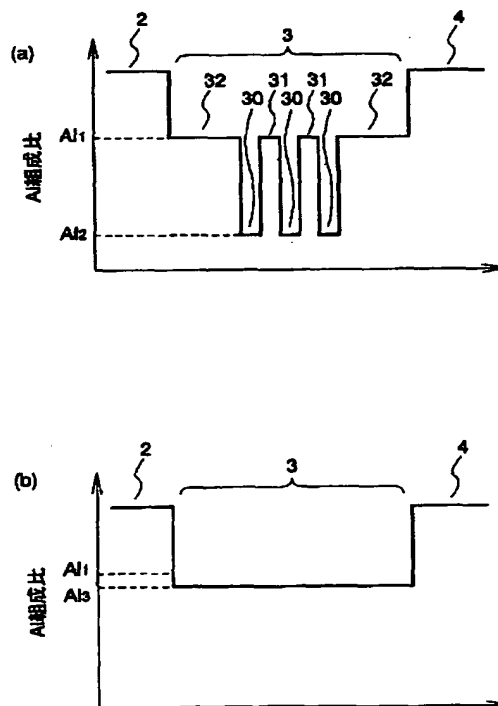
【図 2】



【図 3】

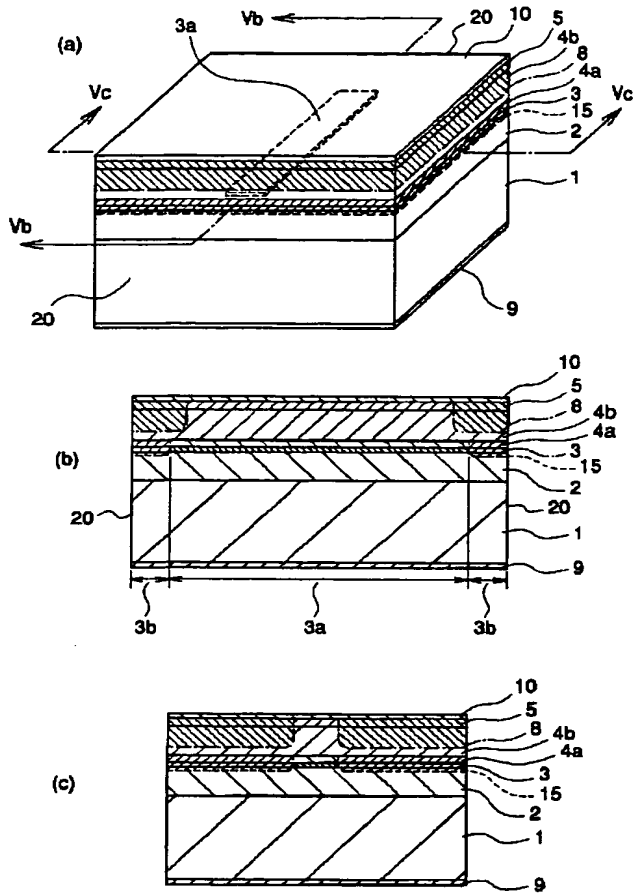


【図 7】



(12)

【図5】



【図6】

